

特開平11-243259

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月7日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I
H01S 3/18	660	H01S 3/18 660

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全16頁)

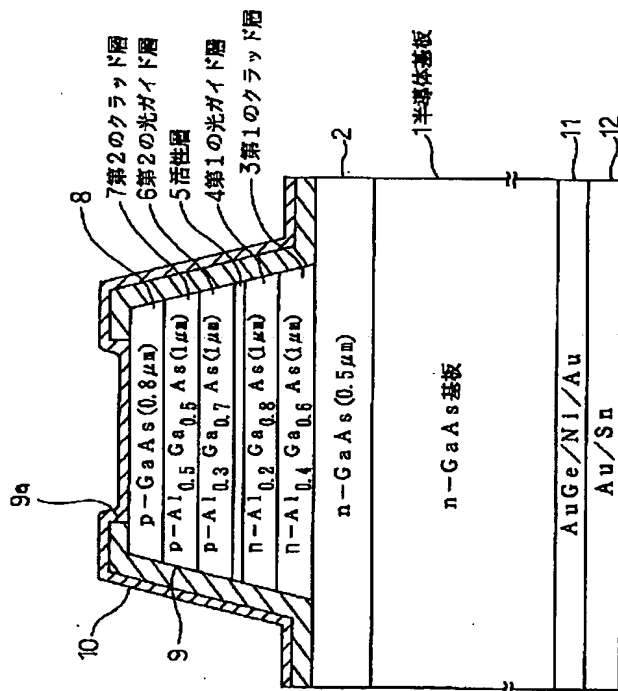
(21) 出願番号	特願平10-256645	(71) 出願人	000004260 株式会社デンソー
(22) 出願日	平成10年(1998) 9月10日		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(31) 優先権主張番号	特願平9-358192	(72) 発明者	安部 克則
(32) 優先日	平9(1997) 12月25日		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(72) 発明者	渥美 欣也
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(74) 代理人	弁理士 佐藤 強

(54) 【発明の名称】 半導体レーザおよび半導体レーザの駆動方法

(57) 【要約】

【課題】 大出力用のものにおいて、活性層での注入電流の閉じ込めと光密度分布のピーク位置が重なることによる転位などの劣化の発生を抑制する。

【解決手段】  $n$ -GaAs 基板1上に、 $n$ -GaAs 層2、 $n$ -Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asの第1のクラッド層3、 $n$ -Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Asの第1の光ガイド層4、AlGaAs/GaAs多重量子井戸構造を有する活性層5、 $p$ -Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asの第2の光ガイド層6、 $p$ -Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asの第2のクラッド層7、 $p$ -GaAs層8を順次積層し、メサ状に形成して絶縁膜9、電極10、11などを形成する。活性層5に対して両側の各層の屈折率が非対称に設定されるので、光密度分布のピーク位置を活性層5からシフトさせることができ、劣化を抑制して長期信頼性を図れる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に活性層を含んだ複数の半導体層を積層形成してその活性層をダブルヘテロ構造とした構成の半導体レーザにおいて、前記複数の半導体層のうちの前記活性層の上下に位置する半導体層の屈折率を異なるように形成したことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 請求項1に記載の半導体レーザにおいて、前記活性層の上下に位置する半導体層として第1および第2のクラッド層を設けたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項3】 請求項2に記載の半導体レーザにおいて、前記活性層と第1クラッド層との間および前記活性層と第2のクラッド層との間にそれぞれ前記半導体層として所定の屈折率を有する第1および第2の光ガイド層を設けたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項4】 請求項1に記載の半導体レーザにおいて、前記活性層の上下に隣接して位置する半導体層として第1および第2の光ガイド層を設けたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項5】 請求項4に記載の半導体レーザにおいて、前記第1および第2の光ガイド層の前記活性層と反対側にそれぞれ隣接した半導体層として第1および第2のクラッド層を設け、それらの第1および第2のクラッド層の屈折率を、隣接する前記第1および第2の光ガイド層の屈折率よりも小さく、且つ、隣接する前記第1あるいは第2の光ガイド層の屈折率と前記活性層を挟んで対向する前記第2あるいは第1の光ガイド層の屈折率との大小関係と同じ大小関係となるように設定されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項6】 請求項4に記載の半導体レーザにおいて、前記第1および第2の光ガイド層は、エネルギーバンドギャップの値が前記活性層のエネルギーバンドギャップと前記第1および第2のクラッド層のエネルギーバンドギャップとの間で連続的に変化するように形成されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項7】 請求項1ないし6のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、前記活性層の上下に位置する半導体層のうち、屈折率の高い側の半導体層の膜厚を屈折率が低い側の半導体層の膜厚よりも厚く形成したことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項8】 GaAs半導体基板上に、活性層を含んだ複数の半導体層を積層形成し、その活性層の上下には

2

第1および第2のクラッド層として $Al_x, Ga_{1-x}, As$  ( $0 < X_1 < 1$ ) 層および $Al_x, Ga_{1-x}, As$  ( $0 < X_2 < 1$ ) 層をそれぞれ形成してダブルヘテロ構造とした構成の半導体レーザにおいて、前記第1および第2のクラッド層は、それらのAl（アルミニウム）の組成比を示す $X_1$ および $X_2$ の値が異なる値 ( $X_1 \neq X_2$ ) となるように形成されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項9】 GaAs半導体基板上に、活性層を含んだ複数の半導体層を積層形成し、その活性層の上下には第1および第2の光ガイド層として $Al_y, Ga_{1-y}, As$  ( $0 < Y_1 < 1$ ) 層をそれぞれ形成すると共に、第1および第2のクラッド層として $Al_x, Ga_{1-x}, As$  ( $Y_1 < X_1 < 1$ ) 層および $Al_x, Ga_{1-x}, As$  ( $Y_1 < X_2 < 1$ ) 層をそれぞれ形成してダブルヘテロ構造とした構成の半導体レーザにおいて、前記第1および第2のクラッド層は、それらのAl（アルミニウム）の組成比を示す $X_1$ および $X_2$ の値が異なる値 ( $X_1 \neq X_2$ ) となるように形成されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項10】 GaAs半導体基板上に、活性層を含んだ複数の半導体層を積層形成し、その活性層の上下には第1および第2の光ガイド層として $Al_y, Ga_{1-y}, As$  ( $0 < Y_1 < 1$ ) 層および $Al_y, Ga_{1-y}, As$  ( $0 < Y_2 < 1$ ) 層をそれぞれ形成すると共に、第1および第2のクラッド層として $Al_x, Ga_{1-x}, As$  ( $Y_1, Y_2 < X_1 < 1$ ) 層をそれぞれ形成してダブルヘテロ構造とした構成の半導体レーザにおいて、前記第1および第2の光ガイド層は、それらのAl（アルミニウム）の組成比を示す $Y_1$ および $Y_2$ の値が異なる値 ( $Y_1 \neq Y_2$ ) となるように形成されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項11】 請求項10に記載の半導体レーザにおいて、前記第1および第2の光ガイド層のうち、アルミニウム組成比が小さい側の光ガイド層の膜厚を、アルミニウム組成比が大きい側の光ガイド層の膜厚よりも厚く形成したことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項12】 GaAs半導体基板上に、活性層を含んだ複数の半導体層を積層形成し、その活性層の上下には第1および第2の光ガイド層として $Al_y, Ga_{1-y}, As$  ( $0 < Y_1 < 1$ ) 層および $Al_y, Ga_{1-y}, As$  ( $0 < Y_2 < 1$ ) 層をそれぞれ形成すると共に、第1および第2のクラッド層として $Al_x, Ga_{1-x}, As$  ( $0 < X_1 < 1$ ) 層および $Al_x, Ga_{1-x}, As$  ( $0 < X_2 < 1$ ) 層をそれぞれ形成してダブルヘテロ構造とした構成の半導体レーザにおいて、前記第1、第2の光ガイド層およびクラッド層は、それらのAl（アルミニウム）の組成比を示す $X_1, X_2$ ,

3

Y 1 および Y 2 の値が異なる値に設定されると共に、次の 2 つの関係 ( 1 ) , ( 2 ) のうちのいずれかの関係を

$$Y 1 < Y 2 < X 1 < X 2$$

$$Y 2 < Y 1 < X 2 < X 1$$

【請求項 1 3】 請求項 1 2 に記載の半導体レーザにおいて、前記第 1 および第 2 の光ガイド層のうちで、それらの組成比 Y 1 , Y 2 を小さく設定した側の膜厚を大きく設定した側の膜厚よりも厚くなるように設定したことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 1 4】 請求項 9 ないし 1 3 のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、前記クラッド層のアルミニウム組成比を 0 . 4 以上とし、且つ光ガイド層のアルミニウム組成比を 0 . 1 以上で 0 . 3 以下となるように設定したことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 1 5】 GaAs 半導体基板上に、活性層を含んだ複数の半導体層を積層形成し、その活性層の上下には第 1 および第 2 の光ガイド層として  $Al_{Y_1}Ga_{1-Y_1}As$  ( $0 < Y_1 < 1$ ) 層および  $Al_{Y_2}Ga_{1-Y_2}As$  ( $0 < Y_2 < 1$ ) 層をそれぞれ形成すると共に、第 1 および第 2 のクラッド層として  $Al_{X_1}Ga_{1-X_1}As$  ( $0 < X_1 < 1$ ) 層および  $Al_{X_2}Ga_{1-X_2}As$  ( $0 < X_2 < 1$ ) 層をそれぞれ形成してダブルヘテロ構造とした構成の半導体レーザにおいて、前記第 1 および第 2 の光ガイド層は、それらの Al (アルミニウム) の組成比を示す Y 1 および Y 2 の値が隣接する各半導体層との間で連続的に変化するように形成され、前記第 1 および第 2 のクラッド層は、それらの Al (アルミニウム) の組成比を示す X 1 および X 2 の値が異なる値 ( $X_1 \neq X_2$ ) となるように形成されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 1 6】 請求項 9 ないし 1 5 のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、前記光ガイド層の膜厚を  $0.5 \mu m$  以上に設定したことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 1 7】 請求項 8 , 9 および 1 5 のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、前記第 1 および第 2 のクラッド層のうち、アルミニウムの組成比が小さい側のクラッド層の膜厚を、アルミニウムの組成比が大きい側のクラッド層の膜厚よりも厚くなるように形成したことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 1 8】 請求項 1 ないし 1 7 のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、前記活性層は、エネルギーバンドギャップの大きさが異なる 2 種類の半導体材料を交互に積層した多重量子井戸構造に形成されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 1 9】 請求項 1 ないし 1 8 のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、前記活性層は、その発光領域を制限するためのストライ

4

満たすように形成されていることを特徴とする半導体レーザ。

… ( 1 )

… ( 2 )

幅が  $100 \mu m$  以上の幅寸法に設定されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 2 0】 請求項 1 ないし 1 9 のいずれかに記載の半導体レーザの駆動方法において、前記活性層に対して、数十アンペアの電流をパルス駆動で与えることにより数十ワット級の光出力を得るように駆動することを特徴とする半導体レーザの駆動方法。

【請求項 2 1】 請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、前記半導体層の積層構造は、前記活性層への電流の注入による発光動作を行なうときに、その光密度分布のピーク位置が前記活性層の上下に位置する半導体層のいずれか一方側の内部に形成されるように構成したことを特徴とする半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体基板上に活性層を含んだ複数の半導体層を積層形成してその活性層をダブルヘテロ構造とした構成の半導体レーザおよび半導体レーザの駆動方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【発明が解決しようとする課題】 この種の半導体レーザのうちで、例えば、ロボットの目やレーザレーダシステム等を構成する測距用に用いるものがある。このような半導体レーザは、検知対象との間の距離に応じて反射光の遅延時間が異なることを利用して距離を測定するものであるが、測定可能な検知対象までの距離は光出力のレベルに依存するのでできるだけ大出力が得られるものが要求される。

【 0 0 0 3 】 例えば、自動車間の距離を測定するためには、 $100 m$  程度の先の測定対象物まで検知する必要があるが、この程度の検知を行なうためには、半導体レーザにおいては、パルス駆動で数十ワットクラスの光出力が必要となる。また、パルス駆動で数十ワットクラスの光出力を得るには、パルス電流で数十アンペアの駆動電流が必要となる。

【 0 0 0 4 】 このような大出力の半導体レーザとしては、電流と光を効率良く閉じ込める必要上から、例えば、図 1 2 に示すような光ガイド層付きの多重量子井戸構造を採用したものが供されている。これは、例えば、GaAs 基板を用いて活性層に  $AlGaAs/GaAs$  系の多重量子井戸構造を採用したもので、n 型の GaAs 基板上に n-GaAs 層、クラッド層、光ガイド層、活性層、光ガイド層、クラッド層および p-GaAs 層を順次積層して形成した構造である。

【 0 0 0 5 】 この場合、クラッド層および光ガイド層は

AlGaAsのアルミニウム (Al) の組成比を適当に選択することによりそれぞれの層の機能を果たすように設定されているものである。また、活性層は、AlGaAsとGaAs層を電子、正孔のド・ブロイ波長程度あるいはそれ以下にまで薄くした膜厚で交互に積層形成することで多重量子井戸構造を形成している。また、活性層の厚さ寸法は、電流を効率良く閉じ込めるために、例えば0.1  $\mu\text{m}$ 程度に形成する。

【0006】図12(a)はこのように積層形成した構造の表面からの深さに対してアルミニウムの組成比を示したもので、これはアルミニウムの組成比を変化させることにより、バンドギャップが変化すると共に、同図(b)に示すように各層の屈折率が変化するので、これによってクラッド層、光ガイド層および活性層のそれぞれに要求される屈折率の分布構造を形成することができる。

【0007】このようなSCH (separate confinement heterostructure) 構造を採用することにより、これらの各層の屈折率の関係を、活性層が一番大きい屈折率として、光ガイド層、クラッド層の順に小さくなるように設定することができ、これによって、活性層において発生した光は、活性層を中心として光ガイド層の範囲でレーザ光として増幅することができるようになるので、活性層のみに注入キャリアと光が集散的に分布する場合に比べて、同図(b)に破線で示したように、光密度分布が広げられるようになり、エネルギーの集中を緩和することができるようになる。

【0008】また、特許第2558768号公報に示されるものにおいても、上述と同様にして活性層を中心としてその両側に形成した光ガイド層の屈折率を活性層とクラッド層との間で連続的に変化させるいわゆるGRIN (graded-index) - SCHタイプの構成として設けた半導体レーザ装置が開示されており、これにより、光密度分布を光ガイド層まで広げることにより活性層でのエネルギーの集中を緩和することができる。

【0009】ところで、上述のような従来構成のものである、いずれのものにおいても、注入キャリアの分布のピークと発生する光密度分布のピークとが基本的には非常に薄く形成した活性層内で同じピーク位置を有するので、エネルギーの集中の程度の緩和の効果を大きくすることには自ずと限界がある。このことは、上述のようなパルス駆動で数十ワットクラスの高出力を得るようにした半導体レーザにおいては特に重要な構成要素となっている。

【0010】したがって、このように電流と光とが高密度で活性層に集中することから、長時間の駆動には過大なエネルギーが集中することに起因して結晶内に部分的に転位が発生する原因となり、これによって出力が低下してしまうことになるので、結局寿命を低下させることになる。

【0011】本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、その目的は、活性層への注入電流の領域とこれによって発生する光の密度分布のピーク位置が重なることに起因して発生する劣化を低減して信頼性の向上および長寿命化を図ることができるようにした半導体レーザを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明によれば、活性層の上下に位置する半導体層をバンドギャップが大きいものとしてダブルヘテロ構造を形成し、これによってキャリアの閉じ込めが可能な構成としているので、効率良く電流を閉じ込めて光出力に変換させることができ、また、活性層の上下に位置する半導体層の屈折率を異なるように設定しているので、この活性層において発生する光の密度分布としてはそのピーク位置が活性層の中心位置から屈折率の高い層が設けられた側にシフトするようになり、全体として電流と光のエネルギーが活性層に集中するのを避けることができるようになる。この結果、従来の電流分布のピークと光密度分布のピークとが一致する構造のものに比べて、転位の発生確率を低くして信頼性の向上を図ることができると共に、長寿命化を図ることができるようになる。

【0013】請求項2に記載の発明によれば、活性層の上下に位置する半導体層として第1および第2のクラッド層を設けているので、活性層で発生した光密度分布のピーク位置を活性層の中心位置から第1あるいは第2のクラッド層のうちの屈折率の高い側のクラッド層にシフトさせることができるようになり、上述と同様の効果を得ることができるようになる。

【0014】また、請求項3に記載の発明によれば、上述の構成において、活性層を中心としてその上下に所定の屈折率を有する第1および第2の光ガイド層を設けるので、活性層により発生させる光を第1および第2の光ガイド層の範囲まで広げた状態で分布させることができ、しかも、クラッド層の屈折率を異なるように設定していることにより、光密度分布のピーク位置を活性層の中心位置からシフトさせた状態とすることができるので、活性層での電流および光のエネルギーの集中を抑制することができるようになる。また、光ガイド層を設けることにより、光と電流とを別々に効率良く閉じ込めることに加えて、その光ガイド層の厚さ寸法を適当に選定することにより垂直方向のビーム広がり角を制御することができるようになる。

【0015】請求項4の発明によれば、活性層の上下に設ける半導体層として屈折率を異なるように設定した第1および第2の光ガイド層を設けるので、活性層で発生した光の密度分布を光ガイド層を含めた範囲内でシフトさせることができるようになり、活性層での光の集中を緩和すると共に、そのピーク位置をシフトさせることができるので、活性層での電流および光のエネルギーの集

率を異なるように設定したので、注入した電流を活性層に閉じ込める構成として効率の向上を図り、しかも、発生する光の密度分布を活性層の中心からシフトさせてエネルギーの集中を緩和させることができるようになる。これにより、活性層の転位の発生などの劣化を抑制して長時間の駆動に対する劣化を低減して長期信頼性を確保することができるようになる。

【0020】請求項9の発明によれば、上記構成のものに活性層の上下に隣接して第1および第2の光ガイド層を設ける構成としているので、全体として発生する光の密度分布を光ガイド層の範囲まで広げた状態としながら、そのピーク位置を活性層の中心位置からシフトさせた状態とすることができるようになり、エネルギーの集中を緩和させることができ、上述と同様の効果を得ることができる。

【００２１】請求項１０の発明によれば、GaAs半導体基板上に、ダブルヘテロ構造となるように活性層を含んだ複数の半導体層を順次積層形成する構成で、活性層の上下に第１および第２の光ガイド層として $Al_{Y1}Ga_{1-Y1}As$  ( $0 < Y1 < 1$ ) 層をおよび $Al_{Y2}Ga_{1-Y2}As$  ( $0 < Y2 < 1$ ) 層それぞれAl（アルミニウム）の組成比を示すY1およびY2の値を異なるように形成すると共に、第１および第２のクラッド層として $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0 < X < 1$ ) 層を形成しているので、ダブルヘテロ構造を採用した活性層を設けることで電流の閉じ込め効果を高めることができると共に、第１および第２の光ガイド層をアルミニウムの組成比を異なるように設定してそれらの屈折率を異なるように設定したので、注入した電流を活性層に閉じ込める構成として効率の向上を図り、しかも、発生する光の密度分布を活性層の中心からシフトさせてエネルギーの集中を緩和させることができ、上述と同様の効果を得ることができる。

【００２２】請求項１１の発明によれば、第１および第２の光ガイド層のうちのアルミニウム組成比が小さい側の光ガイド層の膜厚をアルミニウム組成比が大きい側の光ガイド層の膜厚よりも厚く形成したので、屈折率差の効果に加えて、膜厚差の効果が得られるようになり、これによって、光密度分布が屈折率が高く且つ膜厚の厚い光ガイド層側にシフトし、上述の場合のものに比べて、さらに光密度分布を活性層の中心位置からシフトさせることができるようになり、活性層での電流および光のエネルギーの集中を抑制することができるようになる。

【００２３】請求項１２の発明によれば、GaAs半導体基板上に、ダブルヘテロ構造となる活性層を含んだ複数の半導体層を順次積層形成する構成で、活性層の上下に第１および第２の光ガイド層として $Al_{Y1}Ga_{1-Y1}As$  ( $0 < Y1 < 1$ ) 層および $Al_{Y2}Ga_{1-Y2}As$  ( $0 < Y2 < 1$ ) 層をそれぞれ形成すると共に、第１および第２のクラッド層として $Al_{X1}Ga_{1-X1}As$  ( $0 < X1 < 1$ ) 層および $Al_{X2}Ga_{1-X2}As$  ( $0 < X2 < 1$ ) 層をそれぞれ形成すると共に、第１および第２のクラッド層の間に第１および第２の光ガイド層をそれぞれ形成する。

$i - x_1$  As ( $0 < X_1 < 1$ ) 層および  $Al_{x_2} Ga_{1-x_2} As$  ( $0 < X_2 < 1$ ) 層をそれぞれ形成し、それら各層の Al (アルミニウム) の組成比を示す  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_1$  および  $Y_2$  の値が異なる値に設定されると共に、次の 2 つの関係 (1), (2) のうちのいずれかの関係を満たすように形成したので、各層の屈折率の関係を活性層を中心として非対称に分布した状態とすることができ、発生する光の密度分布を活性層の中心からシフトさせてエネルギーの集中を緩和させることができ、上述と同様の効果を得ることができる。

【0024】請求項 13 の発明によれば、前記第 1 および第 2 の光ガイド層のうちで、それらの組成比  $Y_1$ ,  $Y_2$  を小さく設定した側の膜厚を大きく設定した側の膜厚よりも厚くなるように設定したので、屈折率差の効果に加えて、膜厚差の効果を得られるようになり、これによって、光密度分布が屈折率が高く且つ膜厚の厚い光ガイド層側にシフトし、上述の場合のものに比べて、さらに光密度分布を活性層の中心位置からシフトさせることができるようになり、活性層での電流および光のエネルギーの集中を抑制することができるようになる。

【0025】請求項 14 の発明によれば、クラッド層のアルミニウム組成比を 0.4 以上とし、且つ光ガイド層のアルミニウム組成比を 0.1 以上で 0.3 以下となるように設定したので、クラッド層の屈折率を低くすることができると共に、光ガイド層との屈折率差を取ることができ、注入されたキャリアを有効に閉じ込めて光を閉じ込めることができるようになり、この結果、数十アンペアの電流で数十ワット級の光出力を得ることができるようになる。

【0026】請求項 15 の発明によれば、GaAs 半導体基板上に、ダブルヘテロ構造の活性層を含んだ複数の半導体層を順次積層形成する構成で、その活性層の上下に第 1 および第 2 の光ガイド層として  $Al_{y_1} Ga_{1-y_1} As$  ( $0 < Y_1 < 1$ ) 層および  $Al_{y_2} Ga_{1-y_2} As$  ( $0 < Y_2 < 1$ ) 層をそれぞれ形成すると共に、第 1 および第 2 のクラッド層として  $Al_{x_1} Ga_{1-x_1} As$  ( $0 < X_1 < 1$ ) 層および  $Al_{x_2} Ga_{1-x_2} As$  ( $0 < X_2 < 1$ ) 層をそれぞれ形成する構成で、しかも第 1 および第 2 の光ガイド層を Al (アルミニウム) の組成比を示す  $Y_1$  および  $Y_2$  の値が隣接する各半導体層との間で連続的に変化するように形成すると共に、第 1 および第 2 のクラッド層の Al (アルミニウム) の組成比を示す  $X_1$  および  $X_2$  の値が異なる値 ( $X_1 \neq X_2$ ) となるように形成したので、各層の屈折率の関係を活性層を中心として非対称に分布した状態とすることができ、発生する光の密度分布を活性層の中心からシフトさせてエネルギーの集中を緩和させることができ、上述と同様の効果を得ることができる。

【0027】請求項 16 の発明によれば、光ガイド層の

膜厚を  $0.5 \mu m$  以上に設定したので、注入されたキャリアを有効に閉じ込めて光を閉じ込めることができるようになり、この結果、数十アンペアの電流で数十ワット級の光出力を得ることができるようになる。

【0028】請求項 17 の発明によれば、第 1 および第 2 のクラッド層のうち、アルミニウムの組成比が小さい側のクラッド層の膜厚を、アルミニウムの組成比が大きい側のクラッド層の膜厚よりも厚くなるように形成したので、屈折率差の効果に加えて、膜厚差の効果を得られるようになり、光密度分布が屈折率が高く且つ膜厚の厚いクラッド層側にシフトし、前述の場合のものに比べて、さらに光密度分布を活性層の中心位置からシフトさせることができるようになり、活性層での電流および光のエネルギーの集中を抑制することができるようになる。

【0029】請求項 18 の発明によれば、活性層を、エネルギーバンドギャップの大きさが異なる 2 種類の半導体材料を交互に積層した多重量子井戸構造に形成しているので、前述したように光密度分布のピークを活性層の中心位置からシフトさせた構成を採用しながら、しきい値を小さくする構成とすることができるので発光効率を高めると共に、活性層内での電流の閉じ込め効果を高めて効率の良い発振動作を行なわせることができる。

【0030】請求項 21 の発明によれば、半導体層の積層構造を、例えば、屈折率を異なるように形成したりあるいは膜厚を異なるように形成するなどにより、動作時の光密度分布のピーク位置が活性層の上下に位置する半導体層のいずれか一方側の内部に形成されるように構成したので、電流と光のエネルギーが活性層内部に集中するのを避けることができ、この結果、従来の電流分布のピークと光密度分布のピークとが一致する構造のものに比べて、転位の発生確率を低くして信頼性の向上を図ることができると共に、長寿命化を図ることができるようになる。

【0031】

【発明の実施の形態】 (第 1 の実施形態) 以下、本発明を  $AlGaAs/GaAs$  系の多重量子井戸型の活性層を有する大出力用の半導体レーザに適用した場合の第 1 の実施形態について図 1 ないし図 4 を参照しながら説明する。

【0032】図 1 は断面構造を模式的に示すもので、半導体基板としての  $n-GaAs$  (導電型が  $n$  型の  $GaAs$ ) 基板 1 上に次の各半導体層が順次積層形成されている。まず、 $GaAs$  基板 1 上には、膜厚  $0.5 \mu m$  の  $n-GaAs$  層 2 が積層され、この上には、膜厚  $1 \mu m$  の  $n-Al_{0.4}Ga_{0.6}As$  層が第 1 のクラッド層 3 として積層され、この上に、膜厚  $1 \mu m$  の  $n-Al_{0.2}Ga_{0.8}As$  層が第 1 の光ガイド層 4 として積層されている。

【0033】この上には、活性層 5 が積層形成されてい

る。活性層5は、膜厚15nmのGaAs層5aを6層と膜厚7.5nmのAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As層5bを5層それぞれ交互に積層形成することにより多重量子井戸構造となるように形成したもので、この場合に活性層5の全体の膜厚は、各層の膜厚を合計した値である127.5nmとなる。

【0034】この活性層5の上には、膜厚1μmのp-Al<sub>0.3</sub>Gs<sub>0.7</sub>As層が第2の光ガイド層6として積層され、この上には、膜厚1μmのp-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As層が第2のクラッド層7として積層されている。そして、この上には膜厚0.8μmのp-GaAs層8が積層されている。そして、前述した第1のクラッド層3を含んでこれよりも上に位置する半導体層3〜8は、全体として図中横方向に対してはメサ状に形成されており、図示の断面図に垂直な方向に対してはこの形状を延長したストライプ状に形成されている。

【0035】また、このようなメサ状をなす部分にはその表面にSiO<sub>2</sub>などの絶縁膜9が被膜形成されている。p-GaAs層8の上面には、所定のストライプ幅(100μm以上で例えば400μm)で絶縁膜9に開口部9aが形成されており、p-GaAs層8の上面と共に全面に渡ってp型用電極10が被膜されている。このp型用電極10は、例えば、Cr/Pt/Au(膜厚は、例えば、15nm/300nm/600nm)の各金属を3層に積層形成したもので、これによって、p-GaAs層8とオーミックコンタクトを形成している。

【0036】また、n-GaAs基板1の裏面(下面)側には、n型用電極11が被膜形成されている。このn型用電極11は、例えば、AuGe/Ni/Auの各金属を3層に順次積層形成したもので、これによってp-GaAs基板1とオーミックコンタクトを形成している。さらに、n型用電極11の下面側には、接合用金属層12が形成されている。この接合用金属層12は、例えば、Au/Snを積層形成したもので、図示しない銅(Cu)製の台座と接合する際に適したものである。

【0037】上述の構成において、AlGaAs層を有する半導体層では、本発明でいうところのアルミニウム(Al)の組成比を示す値X1、X2、Y1、Y2として、第1のクラッド層3のAl組成比X1は「0.4」であり、第2のクラッド層7のAl組成比X2は「0.5」である。また、第1の光ガイド層4のAl組成比Y1は「0.2」であり、第2の光ガイド層6のAl組成比Y2は「0.3」である。

【0038】上述の構成の半導体レーザは、次のようにして製造される。n-GaAs基板1の各半導体層2〜8は、MBE(Molecular Beam Epitaxy; 分子線エピタキシー)法あるいはMOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法などにより順次積層形成される。

【0039】すなわち、n-GaAs基板1上に、膜厚

0.5μmのn-GaAs層2、膜厚1μmのn-Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As層(第1のクラッド層3)、膜厚1μmのn-Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As層(第1の光ガイド層4)、Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As/GaAsの多重量子井戸構造を持つ活性層5、膜厚1μmのp-Al<sub>0.3</sub>Gs<sub>0.7</sub>As層(第2の光ガイド層6)、膜厚1μmのp-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As層(第2のクラッド層7)および膜厚0.8μmのp-GaAs層8の各半導体層が順次積層形成される。

【0040】この場合、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As系の混晶システムにおいては、アルミニウムの組成比が0あるいは1に相当するGaAsとAlAsとがほぼ同じ格子定数を有する材料であるから、n-GaAs基板1の上に積層する半導体層2〜8のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Asのアルミニウムの組成比を適当に選んでも、その格子定数がほぼ同程度となることから、格子整合をとるための膜厚などの制約を受けることがない。なお、他の材料を用いる場合には、組成比を異なる設定とする半導体膜を形成するときに、このような格子整合について膜厚などの考慮をする必要がある。

【0041】さて、半導体層2〜8を形成した後に、エッチング処理を行なうことにより、メサ部を形成する。これは、一般的なフォトリソグラフィ処理を用いることによりエッチングマスクをパターニングした状態で化学エッチング処理を行なって形成するもので、n-GaAs層2の表面までエッチングして図示のような断面で長手方向にストライプ状の形状を得ることができる。

【0042】次に、メサ部の表面およびn-GaAs層2の表面を覆うように絶縁膜9としてSiO<sub>2</sub>膜を形成する。この絶縁膜9は、例えば、プラズマCVDなどの方法により成膜形成する。続いて、p-GaAs層8の表面に形成されている絶縁膜9を所定のストライプ幅として400μmの幅寸法で除去する。これは、上述同様に、フォトリソグラフィ処理を行なうことによってパターニングした状態でシリコン酸化膜のエッチング処理を行なって窓部9aを形成する。

【0043】窓部9aを形成した状態で、この上に全面にp型用電極10を形成する。このp型用電極10は、電子ビーム(EB)蒸着法などにより、例えば、p型用電極材料としてCr(クロム)/Pt(白金)/Au(金)の各金属膜を、それぞれ膜厚として15nm/300nm/600nm程度に順次成膜して積層形成したものである。成膜後に熱処理(例えば360℃程度)を行なうことにより、絶縁膜9が除去された部分のp-GaAs層8との間でオーミックコンタクトを形成する。

【0044】一方、n-GaAs基板1の裏面側には、全面にn型用電極11を形成する。このn型用電極11は、上述同様に電子ビーム蒸着法などにより、n型用電極材料としてAuGe(金ゲルマニウム)/Ni(ニッケル)/Au(金)の各金属膜を、所定の膜厚で順次成

膜して積層形成したものである。同様にして、成膜後に熱処理を行なって  $n\text{-GaAs}$  基板 1 とオーミックコンタクトを形成する。この後、 $n$  型用電極 11 の表面に、接合用金属層 12 を形成する。これは、上述同様にして電子ビーム蒸着法などにより形成するもので、 $\text{Au}$  (金) /  $\text{Sn}$  (スズ) の各金属膜を所定の膜厚で順次成膜して積層形成するか、あるいは  $\text{Au-Sn}$  を合金として直接蒸着することにより形成する。

【0045】最後に、端面を劈開して図示のような半導体レーザチップを得る。この場合、劈開により得るチップのサイズは、例えば、 $500\mu\text{m} \times 800\mu\text{m}$  である。これにより、活性層 5 は、ストライプ状に電極を形成することにより幅寸法が設定され、対向する劈開面により共振の反射鏡を構成するキャビティを設けた状態となる。このように形成された半導体レーザチップは、熱伝導特性が良い材料として、例えば銅製の台座に裏面の接合用金属層 12 を固定して電氣的に接続してマウントし、上面側の  $p$  型用電極 10 との間にも電氣的接続を得ることにより、活性層 5 のストライプ幅が  $400\mu\text{m}$  (大出力用途として  $100\mu\text{m}$  以上設けることが必要) の半導体レーザ装置として形成される。

【0046】次に、上記構成の作用について説明する。まず、本実施例においては、第 1 の光ガイド層 4 と第 2 の光ガイド層 6 との  $\text{Al}$  組成比  $Y_1$ 、 $Y_2$  はそれぞれ  $Y_1 = 0.2$ 、 $Y_2 = 0.3$  であり、これは  $Y_1 < Y_2$  の関係となる。また、第 1 のクラッド層 3 と第 2 のクラッド層 7 との  $\text{Al}$  組成比  $X_1$ 、 $X_2$  はそれぞれ  $X_1 = 0.4$ 、 $X_2 = 0.5$  であり、 $X_1 < X_2$  の関係となる。したがって、それぞれの  $\text{Al}$  組成比の大小関係は、 $0 < Y_1 < Y_2 < X_1 < X_2 < 1$  という関係を満たしている (請求項 10 の式 (1) に相当)。

【0047】ここで、 $\text{AlGaAs}$  系の材料においては、 $\text{Al}$  組成比の値を大きくするとその層のバンドギャップが大きくなると共に光学的特性として屈折率が小さくなる性質を有している。したがって、各半導体層 2 ~ 8 について、半導体層 8 側の表面からの深さ寸法を横軸にとってみたときの  $\text{Al}$  組成比を示すと、図 2 (a) のようになり、このときの各半導体層 2 ~ 8 の屈折率  $n$  の分布は同図 (b) に示すようになる。なお、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  系の材料における  $\text{Al}$  組成比と屈折率  $n$  との関係については、波長  $850\text{nm}$  の光に対して図 4 に示すような関係がある。

【0048】上述の場合、同図 (a) では、活性層 5 の  $\text{Al}$  組成比を示す部分は、他の半導体層の膜厚に比べて薄いため省略して示しているが、詳細には図 3 に示すようになっている。また、この活性層 5 の屈折率  $n$  については、活性層 5 の全体としての平均的な値を示している。これは、複数の屈折率が異なる半導体層 5a、5b を交互に積層した多重量子井戸構造となっているので、

これらの各屈折率の値を膜厚に対応した加重平均をとることにより得ている。

【0049】さて、一般に光は屈折率が大きい領域に閉じ込められる性質を有しているので、上述のように構成された状態では、活性層 5 にて発生した光は活性層 5 を中心として第 1 および第 2 の光ガイド層 3 および 5 を含んだ領域に効率良く閉じ込めることができるようになる。しかも、この構成においては、活性層 5 を挟んで両側に位置する半導体層 3、4、6、7 の屈折率が上述の関係で設定されているので、第 1 の光ガイド層 4 および第 1 のクラッド層 3 側の屈折率の方が第 2 の光ガイド層 6 および第 2 のクラッド層 7 側の屈折率よりも大きくなるので、同図 (b) に破線で示しているように、光密度分布のピーク位置は活性層 5 の中心から第 1 の光ガイド層 4 側にシフトするようになる。

【0050】一方、活性層 5 に注入する電流については、活性層 5 がダブルヘテロ構造に形成されていることおよび多重量子井戸構造を採用していることから、キャリアを活性層 5 の領域内に効率良く閉じ込めることができると共に、量子効果によってしきい値電流を小さくすることができ、全体として発光効率を向上させることができる。

【0051】この結果、電流は活性層 5 に閉じ込められるが、光密度分布のピークについては第 1 の光ガイド層 4 側にシフトさせて活性層 5 に集中するのを避けることができるようになる。これによって、エネルギーの活性層 5 への集中を回避して転位などの発生による劣化を防止することができるようになり、長時間駆動に対する信頼性が向上するようになる。

【0052】なお、図 2 (b) に示した本実施形態のものでは、光密度分布のピーク位置が光ガイド層 4 に位置しているが、必ずしもこのようにする必要はなく、要は、活性層 5 の上下の層の屈折率を異ならせることで、光密度分布のピーク位置がシフトすれば良く、上記実施形態に示したものと同様の効果を得ることができる。このようにすることで、活性層 5 内における光密度が低下し、長寿命化を図ることができるようになる。つまり、図 2 (b) に示したように、光密度分布のピーク位置を活性層 5 から外すように構成することで長寿命化を図ることができるのである。

【0053】また、この構成においては、活性層 5 を中心として光ガイド層 4、6 を  $\text{AlGaAs}$  系で構成しているので、発振波長を  $780\text{nm} \sim 900\text{nm}$  の範囲で、例えばこの実施形態の場合には  $850\text{nm}$  程度に設定することができ、これによって、レーザレーダ用に適した赤外線半導体レーザとして用いることができるようになる。さらに、この構成においては、ストライプ幅を  $100\mu\text{m}$  以上で  $400\mu\text{m}$  に設定しているので、数十アンペアのパルス電流により駆動して数十ワットクラスのレーザ光出力を得ることができるようになる。



【0054】なお、上記構成において、光ガイド層 4、6 およびクラッド層 3、7 の A l 組成比の値を次のように設定しても同様の作用効果を得ることができる。すなわち、第 1 の光ガイド層 4 と第 2 の光ガイド層 6 との A l 組成比 Y 1、Y 2 をそれぞれ Y 1 = 0. 3、Y 2 = 0. 2 として Y 1 > Y 2 の関係となるように設定し、第 1 のクラッド層 3 と第 2 のクラッド層 7 との A l 組成比 X 1、X 2 をそれぞれ X 1 = 0. 5、X 2 = 0. 4 として X 1 > X 2 の関係となるように設定することで、それぞれの A l 組成比の大小関係を、  
 $0 < Y 2 < Y 1 < X 2 < X 1 < 1$

という関係を満たすようにすることである（請求項 10 の式（2）に相当）。この結果、図 2 に示す関係は、活性層 5 の領域を中心として左右が入れ替わった状態の特性となり、光密度分布のピーク位置についても第 2 の光ガイド層側にシフトするようになる。

【0055】また、上記構成において、光ガイド層 4、6 の膜厚を適宜に選定して形成することにより、出力光の垂直方向のビーム広がり角を所望の角度に設定することができる。さらに、上述の関係を満たすように各半導体層の A l 組成比を設定する限りにおいては、上述した値に限らず、適宜の A l 組成比の値に設定することができるし、各半導体層の膜厚についても適宜の寸法に設定することができる。

【0056】（第 2 の実施形態）図 5 は、本発明の第 2 の実施形態を示すもので、第 1 の実施形態と異なるところは、第 1 のクラッド層（A l<sub>x1</sub> Ga<sub>1-x1</sub> As）3 および第 2 のクラッド層（A l<sub>x2</sub> Ga<sub>1-x2</sub> As）7 の A l 組成比 X 1 および X 2 を同じ値として「0. 4」に設定した（X 1 = X 2 = 0. 4）ところである。この結果、図 5（a）に示すように、A l 組成比で示す分布図では第 1 の光ガイド層 4 および第 2 の光ガイド層 6 の両者の A l 組成比 Y 1（= 0. 2）および Y 2（= 0. 3）のみが異なる値に設定された状態となるものである。

【0057】このような構成とした本実施形態においても、活性層 5 の両側に設けられた第 1 および第 2 の光ガイド層 4、6 の A l 組成比 Y 1、Y 2 が異なるように設定されていることから、第 1 の実施形態と同様の作用効果を得ることができるようになる。なお、構成上においては、第 1 の実施形態のものよりも若干簡単な構成となると共に、クラッド層 3、7 については A l 組成比を同じ値に設定するので、光ガイド層 4、6 の A l 組成比 Y 1、Y 2 の設定可能な幅が広がる。

【0058】上記実施形態においては、光ガイド層 4、6 の A l 組成比の値を次のように設定しても同様の作用効果を得ることができる。すなわち、第 1 の光ガイド層 4 と第 2 の光ガイド層 6 との A l 組成比 Y 1、Y 2 を入れ替えることにより、それぞれ Y 1 = 0. 3、Y 2 = 0. 2 として Y 1 > Y 2 の関係となるように設定するこ

とで、それぞれの A l 組成比の大小関係を、  
 $0 < Y 2 < Y 1 < X 1 (= X 2) < 1$

という関係を満たすようにすることである。この結果、図 5 に示す関係は、活性層 5 の領域を中心として左右が入れ替わった状態の特性となり、光密度分布のピーク位置についても第 2 の光ガイド層側にシフトするようになる。

【0059】さらに、上述の関係を満たすように光ガイド層およびクラッド層の A l 組成比を設定する限りにおいては、上述した値に限らず、適宜の A l 組成比の値に設定することができるし、各半導体層の膜厚についても適宜の寸法に設定することができる。

【0060】（第 3 の実施形態）図 6 は、本発明の第 3 の実施形態を示すもので、第 1 の実施形態と異なるところは、第 1 の光ガイド層（A l<sub>y1</sub> Ga<sub>1-y1</sub> As）4 および第 2 の光ガイド層（A l<sub>y2</sub> Ga<sub>1-y2</sub> As）6 の A l 組成比 Y 1 および Y 2 を同じ値として「0. 2」に設定した（Y 1 = Y 2 = 0. 2）ところである。この結果、図 6（a）に示すように、A l 組成比で示す分布図では第 1 のクラッド層 3 および第 2 のクラッド層 7 の両者の A l 組成比 X 1（= 0. 3）および X 2（= 0. 4）のみが異なる値に設定された状態となるものである。

【0061】このような構成とした本実施形態においても、活性層 5 の両側に光ガイド層 4、6 を介して設けられた第 1 および第 2 のクラッド層 3、7 の A l 組成比 X 1、X 2 が異なるように設定されていることから、第 1 の実施形態と同様の作用効果を得ることができるようになる。なお、構成上においては、第 1 の実施形態のものよりも若干簡単な構成となると共に、光ガイド層 4、6 については A l 組成比を同じ値に設定するので、クラッド層 3、7 の A l 組成比 X 1、X 2 の設定可能な幅が広がる。なお、上記実施形態においても、第 2 の実施形態と同様にして、A l 組成比を反対の関係に設定するように変形することができるものである。

【0062】（第 4 の実施形態）図 7 は、本発明の第 4 の実施形態を示すもので、第 1 の実施形態と異なるところは、第 1 および第 2 の光ガイド層 4、6 に代えて、層内の A l 組成比を連続的に変化させた構成の第 1 および第 2 の光ガイド層 1 3、1 4 を設けることにより、GRIN-SCH（graded-index Separate Confinement Heterostructure）構造としたところである。

【0063】すなわち、図 7（a）に示すように、第 1 の光ガイド層 1 3 を形成している A l<sub>y1</sub> Ga<sub>1-y1</sub> As 層の A l 組成比 Y1 を、活性層 5 側から第 1 のクラッド層 3 側に向けて「0. 2」から「0. 3」まで連続的に変化するように形成しており、一方、第 2 の光ガイド層 1 4 を形成している A l<sub>y2</sub> Ga<sub>1-y2</sub> As 層の A l 組成比 Y 1 を、活性層 5 側から第 2 のクラッド層 7 側に向けて「0. 2」から「0. 4」まで連続的に変化する

10

20

30

40

50

るように形成している。このように構成することにより、 $p-GaAs$  層 8 の表面側から深さ方向に対する屈折率のプロファイルは同図 (b) に示すようになる。

【0064】このような構成とした本実施形態においても、活性層 5 の両側に光ガイド層 13, 14 を介して設けられた第 1 および第 2 のクラッド層 3, 7 の A1 組成比  $X_1$ ,  $X_2$  が異なるように設定されていることから、第 1 の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。また、本実施形態においては、光ガイド層 13, 14 の A1 組成比を連続的に変化させる GRIN-SCHEUCH 構造としてのので、キャリアを有効に活性層 5 内に閉じ込めることができるようになり、発光効率が高く、高温特性に優れた半導体レーザを得ることができる。なお、上記実施形態においても、第 2 の実施形態と同様に、A1 組成比を反対の関係に設定するように変形することができるものである。

【0065】(第 5 の実施形態) 図 8 および図 9 は、本発明の第 5 の実施形態を示すもので、第 1 の実施形態と異なるところは、光ガイド層 4, 6 を設けない構成としたところである。図 8 は、模式的な断面を示しており、図 9 (a) にはこの構成に対応した各層の A1 組成比を示しており、同図 (b) には各層の屈折率を示している。

【0066】このような構成とすることにより、簡単な構成としながら、第 1 の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。なお、上記実施形態においても、第 2 の実施形態と同様に、A1 組成比を反対の関係に設定するように変形することができるものである。

【0067】(第 6 の実施形態) 図 10 は本発明の第 6 の実施形態を示すもので、第 1 の実施形態と異なるところは、光ガイド層 4, 6 の膜厚を異なる膜厚に設定したところである。すなわち、第 1 の光ガイド層 4 の膜厚  $L_1$  を  $1.5 \mu m$  とし、第 2 の光ガイド層 6 の膜厚  $L_2$  を  $1.0 \mu m$  としたところであり、これにより、屈折率の大きい側の光ガイド層 4 の膜厚  $L_1$  を屈折率の小さい側の光ガイド層 6 の膜厚  $L_2$  よりも厚く ( $L_1 > L_2$ ) 設定したことになる。

【0068】図 10 (a) は、この構成における各半導体層 2~8 の A1 組成比を示すものであり、同図 (b) は、このときの各半導体層 2~8 の屈折率  $n$  の分布を示している。この図からもわかるように、光ガイド層 4 の A1 組成比を光ガイド層 6 の A1 組成比よりも小さくするように設定しており、これによって、光ガイド層 4 の屈折率  $n$  が光ガイド層 6 の屈折率よりも大きくなる。そして、屈折率  $n$  が大きく設定される側の光ガイド層 4 が光ガイド層 6 よりも膜厚を厚く設定されるので、同図

(b) に示すように、光密度分布のピークを光ガイド層 4 の側にシフトさせることができるようになる。

【0069】このような構成とすることにより、第 1 の

実施形態における屈折率差による効果に加えて、第 1 および第 2 の光ガイド層 4, 6 の膜厚の差による効果も得られ、光密度分布のピーク位置は活性層 5 への集中を回避することができ、転移などの発生による劣化を防止する効果も高まり、長時間駆動に対する信頼性をさらに向上させることができるようになる。

【0070】なお、上記構成において、光ガイド層 4, 6 およびクラッド層 3, 7 の A1 組成比の値および膜厚を次のように設定しても同様の作用効果を得ることができる。

【0071】すなわち、第 1 の光ガイド層 4 および第 2 の光ガイド層 6 の各組成比  $Y_1$ ,  $Y_2$  をそれぞれ、 $Y_1 = 0.3$ ,  $Y_2 = 0.2$  として  $Y_1 > Y_2$  という関係となるように設定し、第 1 のクラッド層 3 および第 2 のクラッド層 7 の A1 組成比  $X_1$ ,  $X_2$  をそれぞれ  $X_1 = 0.5$ ,  $X_2 = 0.4$  として  $X_1 > X_2$  という関係となるように設定し、それぞれの A1 組成比の大小関係を、 $0 < Y_2 < Y_1 < X_2 < X_1 < 1$  という関係を満たすように設定する。

【0072】さらに、第 1 の光ガイド層 4 の膜厚  $L_1$  と第 2 の光ガイド層 6 の膜厚  $L_2$  をそれぞれ  $L_1 = 1.0 \mu m$ ,  $L_2 = 1.5 \mu m$  としてそれらの大小関係を、 $L_2 > L_1$  となるように設定する。

【0073】この結果、同図 (a) に示した関係は、活性層 5 の領域を中心として左右が入れ替わった状態の特性分布図となり、光密度分布のピーク位置は第 1 の光ガイド層 4 側にシフトした状態の特性となる。

【0074】(第 7 の実施形態) 図 11 は本発明の第 7 の実施形態を示すもので、第 4 の実施形態と異なるところは、A1 組成比が連続的に変化するように形成された第 1 および第 2 の光ガイド層 13, 14 のそれぞれの膜厚  $L_{13}$ ,  $L_{14}$  を異なる膜厚に設定したところである。すなわち、第 1 の光ガイド層 13 の膜厚  $L_{13}$  を  $1.5 \mu m$  とし、第 2 の光ガイド層 14 の膜厚  $L_{14}$  を  $1.0 \mu m$  としたところであり、これにより、屈折率の大きい側の光ガイド層 13 の膜厚  $L_{13}$  を屈折率の小さい側の光ガイド層 14 の膜厚  $L_{14}$  よりも厚く ( $L_{13} > L_{14}$ ) 設定したことになる。

【0075】図 11 (a) は、この構成における各半導体層 2, 3, 13, 5, 14, 7, 8 の A1 組成比を示すものであり、同図 (b) は、このときの屈折率  $n$  の分布を示している。この図からもわかるように、第 1 の光ガイド層 13 は、第 1 のクラッド層 3 と接触する側での A1 組成比を、第 2 の光ガイド層 14 の第 2 のクラッド層 7 と接触する側での A1 組成比よりも小さくするように設定しており、これによって、光ガイド層 13 のクラッド層 3 と接触する側でも屈折率  $n$  が光ガイド層 14 の対応する部分の屈折率よりも大きくなる。そして、屈折率  $n$  が大きく設定される側の光ガイド層 13 が光ガイド層 14 よりも膜厚を厚く設定されるので、同図 (b) に

示すように、光密度分布のピークを光ガイド層 1 3 の側にシフトさせることができるようになる。

【0076】このような構成とすることにより、第 1 の実施形態における屈折率差による効果に加えて、第 1 および第 2 の光ガイド層 1 3、1 4 の膜厚の差による効果も得られ、光密度分布のピーク位置は活性層 5 への集中を回避することができ、転移などの発生による劣化を防止する効果も高まり、長時間駆動に対する信頼性をさらに向上させることができるようになる。

【0077】なお、上記構成においても、前記第 6 の実施形態の場合と同様に、光ガイド層 1 3、1 4 およびクラッド層 3、7 の Al 組成比の値および膜厚を次のように設定しても同様の作用効果を得ることができるようになる。

【0078】すなわち、第 1 の光ガイド層 1 3 の膜厚  $L_{13}$  と第 2 の光ガイド層 1 4 の膜厚  $L_{14}$  をそれぞれ  $L_{13} = 1.0 \mu\text{m}$ 、 $L_{14} = 1.5 \mu\text{m}$  としてそれらの大小関係を、

$L_{14} > L_{13}$

となるように設定する。

【0079】この結果、同図 (a) に示した関係は、活性層 5 の領域を中心として左右が入れ替わった状態の特性分布図となり、光密度分布のピーク位置は第 1 の光ガイド層 1 3 側にシフトした状態の特性となる。

【0080】本発明は、上記実施形態にのみ限定されるものではなく、次のように変形また拡張できる。活性層 5 の多重量子井戸構造については、これに限らず、積層する層数を適宜変更することもできし、GaAs 層 5 a の膜厚および  $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$  層 5 b の膜厚や Al 組成比についても適宜に設定することができる。なお、積層する層数については、しきい値の点と大出力を得る点との両者からの制約があるため、目的とする出力レベルや要求される特性などから決められることになる。

【0081】光ガイド層およびクラッド層の膜厚は必要に応じて適宜の値に設定することができる。なお、光ガイド層の膜厚は、垂直方向のビームの広がり角を制御する関係から最適な値となるように設定することができる。さらに、光ガイド層およびクラッド層のそれぞれの

Al 組成比については、各層間の関係を満たす範囲内で適宜に変更設定することができる。

【0082】半導体層間の屈折率を異なるように設定する方法としては、AlGaAs のように、Al の組成比を異なるように設定することで制御することもできし、他の化合物系の材料を用いることによっても制御することができる。また、使用する半導体基板も GaAs のものに限らず、他の化合物系の材料や Si などの半導体材料を用いることができる。

【0083】本発明は、パルス駆動で用いる半導体レーザ以外にも連続駆動するものにおいても適用できし、さらには、測距用などの大出力用の半導体レーザ以外にも、光通信などに用いられる半導体レーザについても適用することができ、同様の効果を得ることができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態を示す模式的な縦断側面図

【図 2】深さ方向に対する各層のアルミニウム組成比および屈折率の関係を示す図

【図 3】活性層のアルミニウム組成比を詳細に示す図 2 (a) 相当図

【図 4】AlGaAs 系材料のアルミニウム組成比に対する屈折率の相関図

【図 5】本発明の第 2 の実施形態を示す図 2 相当図

【図 6】本発明の第 3 の実施形態を示す図 2 相当図

【図 7】本発明の第 4 の実施形態を示す図 2 相当図

【図 8】本発明の第 5 の実施形態を示す図 1 相当図

【図 9】図 2 相当図

【図 10】本発明の第 6 の実施形態を示す図 2 相当図

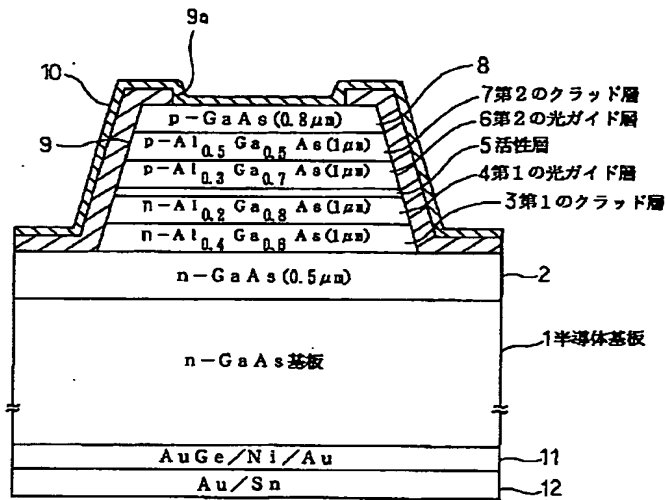
【図 11】本発明の第 7 の実施形態を示す図 2 相当図

【図 12】従来例を示す図 2 相当図

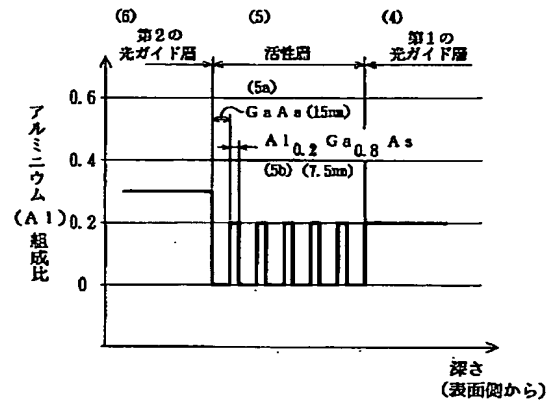
【符号の説明】

1 は n-GaAs 基板 (半導体基板)、3 は第 1 のクラッド層、4、13 は第 1 の光ガイド層、5 は活性層、5 a は GaAs 層、5 b は  $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$  層、6、14 は第 2 の光ガイド層、7 は第 2 のクラッド層、9 は絶縁膜、10 は p 型用電極、11 は n 型用電極、12 は接合用電極層である。

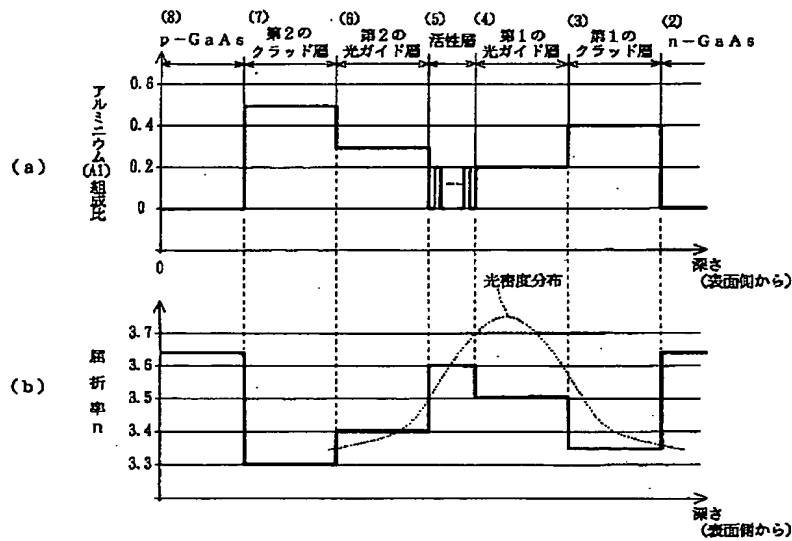
【図 1】



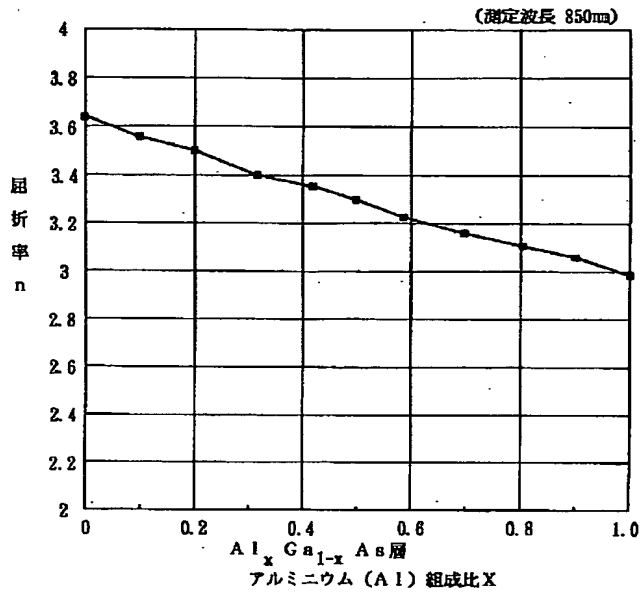
【図 3】



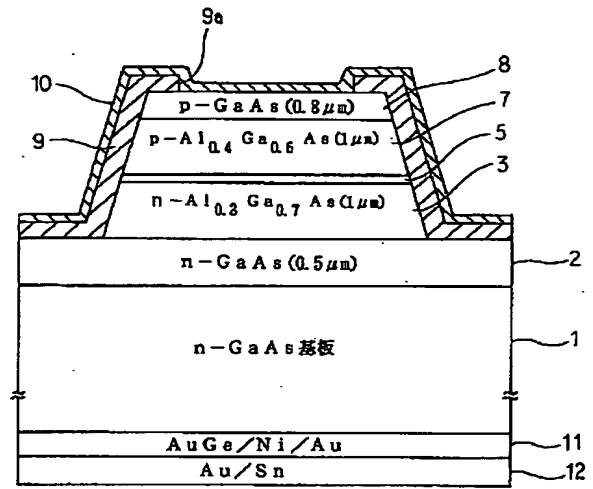
【図 2】



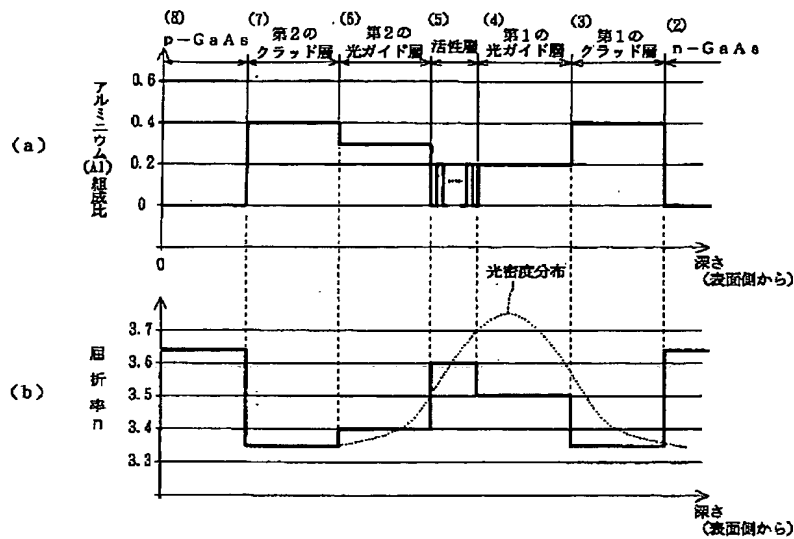
【図 4】



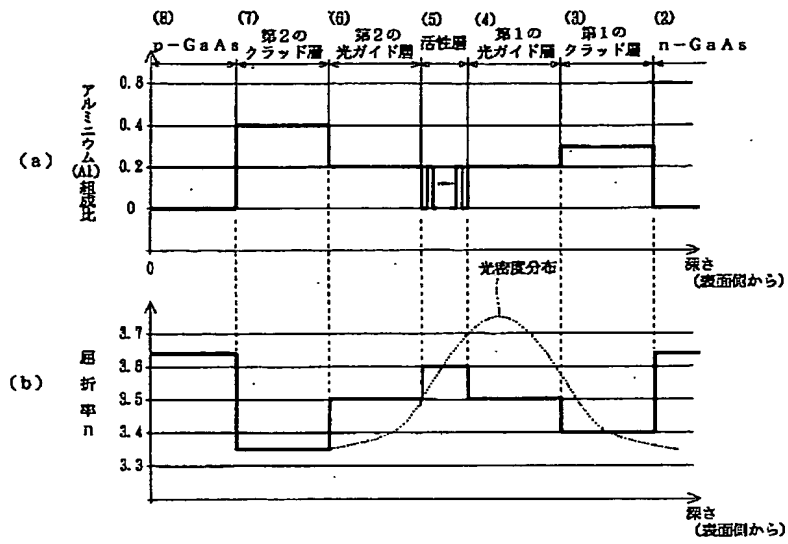
【図 8】



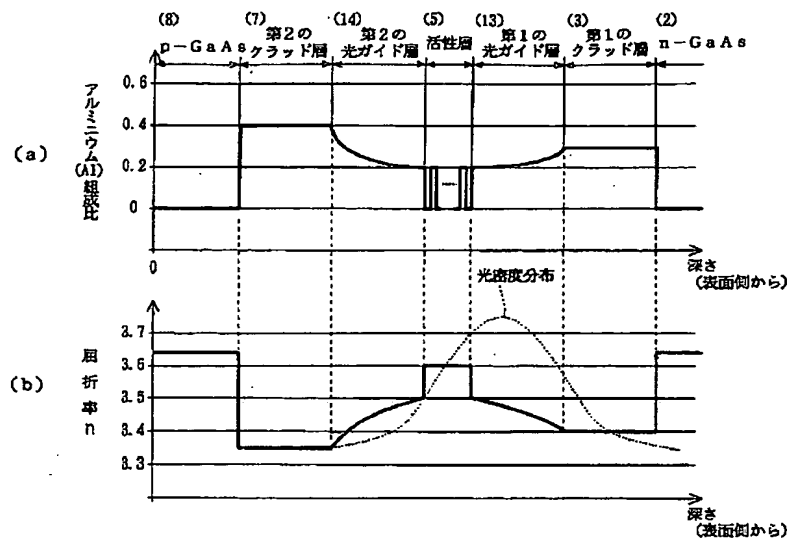
【図 5】



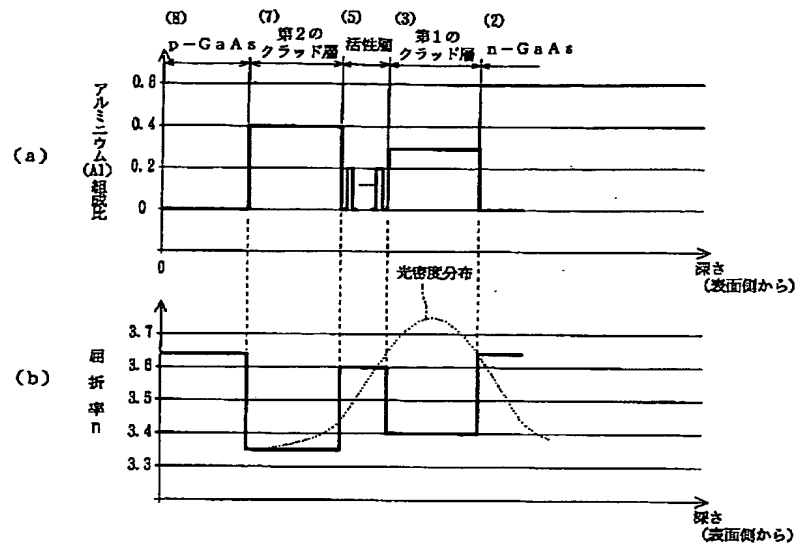
【図 6】



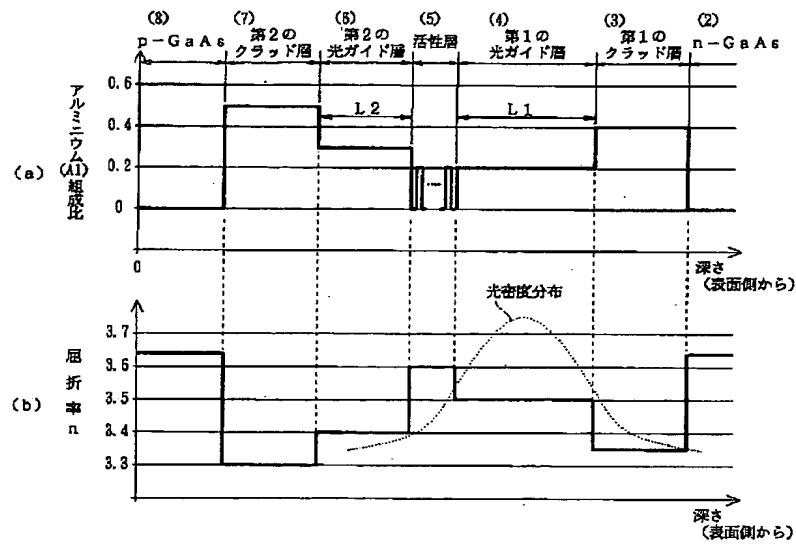
【図 7】



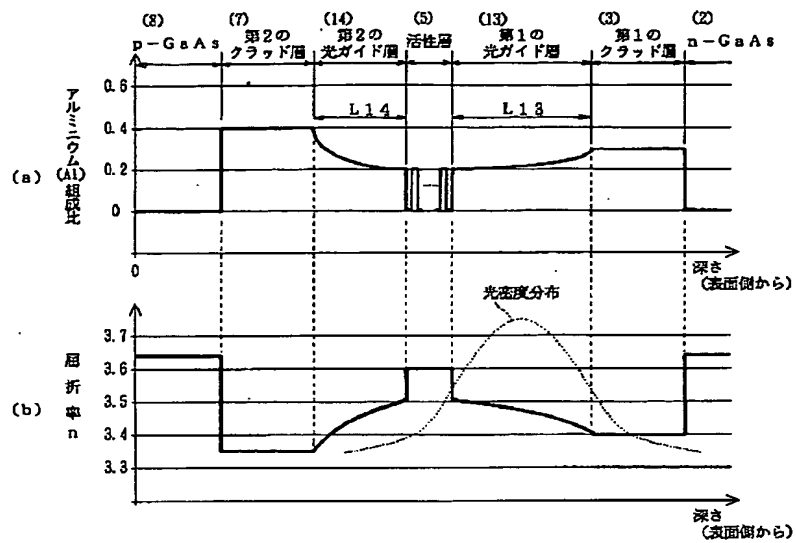
【図 9】



【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】

